

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-394317

出 願 人

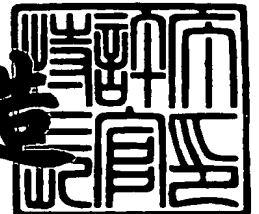
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2001年 8月17日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3074509

【書類名】 特許願

【整理番号】 2929320042

【提出日】 平成12年12月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/302

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

    【氏名】 大國 充弘

【特許出願人】

    【識別番号】 000005843

    【氏名又は名称】 松下電子工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100097445

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

    【識別番号】 100103355

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

    【識別番号】 100109667

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 011316

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

特 2 0 0 0 - 3 9 4 3 1 7

【物件名】            要約書    1

【包括委任状番号】    9809939

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ドライエッチング方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プラズマ反応室内の塩素系ガスのガス滞在時間が、0.15秒から0.3秒の範囲内として、銅含有アルミニウム膜をエッチングすることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項 2】 銅含有アルミニウム膜のドライエッチングに用いるプラズマ反応室の容積は、30000mlから35000mlであることを特徴とする請求項 1 記載のドライエッチング方法。

【請求項 3】 銅含有アルミニウム膜のエッチングでのプラズマ反応室内の圧力は、7mTorrから14mTorrの範囲内にすることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載のドライエッチング方法。

【請求項 4】 銅含有アルミニウム膜のエッチングでのプラズマ反応室内のガス総流量は、60sccmから240sccmの範囲内にすることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか記載のドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体基板上に形成された銅含有アルミニウム膜配線の形成方法で、特に配線パターン間の銅残さを抑制しながらドライエッチングを行なう方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体装置を構成する素子は微細化に伴ってMOS電界効果トランジスタが主流となっている。中でもMOS電界効果トランジスタの微細化に伴い、多層配線工程の微細化も益々進んでおり、0.13 $\mu\text{m}$ 以下のデザインルールのデバイスでは、ダマシン法を用いた銅配線形成も採用されつつある。一方、0.15 $\mu\text{m}$ でのデザインルールのデバイスでのアルミニウムを主とする多層配線は最終局面に入っており、配線の最小ピッチは0.40 $\mu\text{m}$ 以下の設定となっている。

## 【0003】

一般的に、アルミニウムを主とする多層配線を形成するための一つの技術として、銅含有アルミニウム膜のパターンを形成するためにプラズマドライエッチング装置を用いて微細配線パターンを形成する方法が知られており、その技術は現在まで幅広く使用されている。そして、その使用されるガス系としては、主に塩素、3塩化ホウ素、窒素等である。そこで、ドライエッチングにより高精度に銅含有アルミニウム膜のパターンを形成するのであるが、少しでも高歩留まりを得るためには、主に銅の残さを抑制することが重要である。そのために、従来は、プラズマドライエッチング装置の下部電極の温度を上げるか、または過度なオーバーエッチを施すことにより対応していた。

## 【0004】

以下、従来のドライエッチング方法について説明する。図4、図5は、従来の銅含有アルミニウム配線パターン形成方法を説明する工程断面図である。図4において、シリコン基板1上に、絶縁(酸化)層2、TiN/Ti膜3、銅含有アルミニウム(99.5%Al/0.5%Cu)膜4およびTiN/Ti膜5が形成され、TiN/Ti膜5上にTiN/Ti膜3、銅含有アルミニウム膜4およびTiN/Ti膜5をパターニングするためのレジスト膜6が形成されている。図5は、ドライエッチング工程を表しているが、TiN/Ti膜3、銅含有アルミニウム(99.5%Al/0.5%Cu)膜4およびTiN/Ti膜5の3層を簡易表現するためにまとめて、TiN/Ti/AlCu/TiN/Ti膜7として示している。

## 【0005】

まず図5(a)に示すように絶縁膜2上に、TiN/Ti/AlCu/TiN/Ti膜7を連続的にスパッタリング法により成膜し、TiN/Ti/AlCu/TiN/Ti膜7を選択的エッチングするためのレジスト膜6を塗布し、所望の配線パターンを露光形成する。次に、図5(b)に示すようにTiN/Ti/AlCu/TiN/Ti膜7を主に塩素ガスを用いてドライエッチングする。

## 【0006】

本エッチングには、図6に示すような、誘導型結合プラズマ(ICP)エッチング装置を用いる。反応室アルマイト材インナーカバー31内にウェハー32を載置する下部電極33を備え、誘導結合コイル34に高周波電源35が接続されてお

り、下部電極33はバイアス電源36に接続されている。

【0007】

最初に、従来のガス滞在時間を考慮しない場合を説明する。その時のエッチング条件を表1に示す。

【0008】

【表1】

BCl <sub>3</sub> /Cl <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>	90/90/100 (sccm)
圧 力	3 (mTorr)
ICP/RF	300/200 (W)
下部電極温度	50 (℃)

【0009】

用いるガスは、BCl<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>の混合ガスで、それぞれ90/90/100sccmであり、プラズマ反応室内37の圧力は、3 mTorrで、高周波電源35およびバイアス電源36の高周波電力は、それぞれICP/RF=300/200(W)であり、下部電極33の温度は50℃である。なお、オーバーエッチ率は30%である。この条件にて、TiN/Ti/Al Cu/TiN/Ti膜7をレジスト膜6をマスクとしてドライエッチングにより、配線パターンを形成するものであるが、一般的に圧力を下げるとイオンの基板への垂直成分の割合が増加するため、良好な垂直形状が得やすい。しかし、図7に示すように、銅残さ（以下、Cu残さと記す）8が発生しやすくなってしまう。

【0010】

次に、発生したCu残さ8を抑制するために、下部電極33の温度を上げた場合を説明する。同じくオーバーエッチ率は30%である。その時のエッチング条件を表2に示す。

【0011】

【表2】

BCl <sub>3</sub> /Cl <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>	90/90/100 (sccm)
圧 力	3 (mTorr)
ICP/RF	300/200 (W)
下部電極温度	80 (℃)

【0012】

表1の条件とは、下部電極33の温度が80℃である点で異なる。この条件にて

、TiN/Ti/AlCu/TiN/Ti膜7をレジスト膜6をマスクとしてドライエッチングにより、配線パターンを形成するものであるが、一般的に下部電極温度を上げるとドライエッチング中のウェハー32の温度が高くなり易い。そのため、被エッチング膜とガスラジカルとの反応性は高くなるため、Cu残さ8は発生しにくくなるが、パターン形状が劣化し易く、垂直形状から逆テーパ形状気味になりやすい。その様子を図8に示す。

#### 【0013】

次に、オーバーエッチを過度に施した場合を説明する。その時のエッチング条件は表1と同様であるが、ここでは、オーバーエッチ率が70%である。この条件にて、TiN/Ti/AlCu/TiN/Ti膜7をレジスト膜6をマスクとしてドライエッチングにより、配線パターンを形成するものであるが、一般的にエッチング残さを少しでも減らす為にオーバーエッチを施し過ぎると、マスクであるレジスト膜6がなくなってしまう、TiN/Ti/AlCu/TiN/Ti膜7の上部からパターン崩れが生じてしまい良好な加工形状が得られない。その様子を図9に示す。

#### 【0014】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の構成では、Cu残さ8は発生しにくい、必ずしも良好なアルミニウム膜形状が得られない。すなわち、良好な加工形状とCu残さ8がトレードオフとなり、これら両方を満足するものではなかった。そしてこの様な、逆テーパ形状やパターンの上部が崩れた形状では、所望の配線抵抗値よりも、その値が大きくなり、多層配線の性能を大幅に劣化させてしまう。またCu残さ8が多発しているような状態では、配線間のリークが発生してしまう。すなわち、どちらの加工不良も、直接配線工程の不良を引き起こすものであり、大きな問題である。

#### 【0015】

本発明は上記従来の課題を解決するものであり、配線である銅含有アルミニウム膜の加工形状を劣化させることなく、かつ銅の残さ発生を抑制可能なドライエッチング方法を提供するものである。

#### 【0016】

## 【課題を解決するための手段】

この目的を達成するために本発明のドライエッチング方法は、プラズマ反応室内の塩素系ガスのガス滞在時間が、0.15秒から0.3秒の範囲内として、銅含有アルミニウム膜をエッチングすることを特徴とする。

## 【0017】

請求項2記載のドライエッチング方法では、銅含有アルミニウム膜のドライエッチングに用いるプラズマ反応室の容積は、30000mlから35000mlとする。

## 【0018】

請求項3記載のドライエッチング方法では、プラズマ反応室内の圧力は、7mTorrから14mTorrの範囲内にする特徴とする。

## 【0019】

請求項4記載のドライエッチング方法では、銅含有アルミニウム膜のエッチングでのプラズマ反応室内のガス総流量は、60sccmから240sccmの範囲内にすることを特徴とする。

## 【0020】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

## 【0021】

エッチングの工程断面図および誘導型結合プラズマ(ICP)エッチング装置は、従来と同様に図4～図6を用いている。半導体装置は、シリコン基板1上に、絶縁(酸化)層2、TiN/Ti膜3、銅含有アルミニウム(99.5%Al/0.5%Cu)膜4およびTiN/Ti膜5が形成され、TiN/Ti膜5上にTiN/Ti膜3、銅含有アルミニウム膜4およびTiN/Ti膜5をパターニングするためのレジスト膜6が形成されている。そして、主に塩素ガスを用いて、レジスト膜6をマスクとして、TiN/Ti膜3、銅含有アルミニウム(99.5%Al/0.5%Cu)膜4およびTiN/Ti膜5の3層を簡易表現するためにまとめたTiN/Ti/AlCu/TiN/Ti膜7をドライエッチングする。

## 【0022】

以下に本発明のエッチング方法について説明する。メインエッチング条件におけるガス滞在時間というパラメータに着目したエッチング条件を表3に示す。



【0023】

【表3】

BCl <sub>3</sub> /Cl <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> (sccm)	圧力 (mTorr)	ガス滞在時間 (秒)
40/50/30	5	0.107
40/50/30	7	0.150
60/75/45	7	0.225
40/50/30	10	0.214
20/25/15	7	0.300
40/50/30	12	0.257
80/100/60	14	0.150
40/50/30	14	0.300
20/25/15	14	0.600
40/50/30	16	0.343

※ICP/RF=300/200(W)、下部電極温度 50(℃)

オーバーエッチ率 30%、反応室容積 32500(ml)

【0024】

本実施形態では、プラズマ反応室内37の容積が約32500mlのICPエッチング装置を用いた。なお、ガス滞在時間 $\tau$ (秒)は次式で求まる。

$$\tau(\text{秒}) = \text{圧力(Torr)} \times \text{反応室容積(l)} / \text{ガス総流量(Torr} \cdot \text{l/秒)}$$

すなわち、ガス滞在時間を増加させるためには、圧力を上げるか、もしくはガス総流量を減少させることで対応する。表3において、BCl<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>の混合ガスの総流量とプラズマ反応室内37の圧力を変化させた場合のガス滞在時間 $\tau$ を表している。

【0025】

また他のプロセスパラメータ設定としては、高周波電源35の高周波電力ICPは、300(W)で、バイアス電源36の高周波電力RFは、200(W)であり、下部電極33の温度は50℃、オーバーエッチ率=30%オーバーである。

【0026】

ガス滞在時間に対する銅残さ数の依存性を図1に示す。横軸は、メインエッチング条件でのBCl<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>の混合ガスのガス滞在時間(単位:秒)で、縦軸は銅残さ数(個)を表している。ガス滞在時間が0.1秒程度以上では、銅残さ数は、数千個オーダーであるが、ガス滞在時間が0.15秒以上では、銅残さ数は100個以下となる。

## 【 0 0 2 7 】

この現象は図 2 に示すように説明すると、まずアルミニウム膜の反応生成物である塩化アルミ ( $\text{AlCl}_x$ ) が、銅と反応して銅塩化アルミ ( $\text{AlCuCl}_y$ ) として銅を取り込み、銅のドライエッチングを促進する。そして、この作用を効果的に利用するには、この反応生成物である塩化アルミの滞在残留時間を増加させることである。具体的には圧力を上げるもしくはガス総流量を減少させる事により、それを実現するものである。塩化アルミの量が増加すると銅のドライエッチングを促進する効果もそれに対応して増加することになり、銅残さは著しく減少するものである。ただし、ガス滞在時間が 0.3 秒より大きくなると、銅残さは少なくなるが、 $\text{TiN/Ti/AlCu/TiN/Ti}$  膜 7 がオーバーエッチされることになる。ガス滞在時間を増加させるにつれて、銅残さは減少していく。

## 【 0 0 2 8 】

$\text{TiN/Ti/AlCu/TiN/Ti}$  膜 7 のドライエッチングに用いるプラズマ源の反応室容積は、おおよそ 30000ml から 35000ml に適用できる。

## 【 0 0 2 9 】

一方、銅含有アルミニウム膜である  $\text{TiN/Ti/AlCu/TiN/Ti}$  膜 7 の配線パターン形成においては、その加工形状も重要である。すなわち良好な垂直形状を得ることが必須である。アルミニウム膜の形状およびアルミニウム膜の対マスクであるレジストとの選択比についての圧力依存性を図 3 に示す。図 3 において、横軸にプラズマ反応室内 3 7 の圧力を取り、縦軸右には、アルミニウム膜エッチングレートのレジストエッチングレートに対する割合を表すレジストの選択比を、縦軸左には、アルミニウム膜の外側面から底面である絶縁膜 2 への角度を示すアルミニウム膜形状角度 (度) とし、逆テーパを示す銅含有アルミニウム膜の形状を示している。図中の × 印が特性である。

## 【 0 0 3 0 】

プラズマ反応室内 3 7 の圧力が低圧力である 5mTorr では、対レジスト選択比が 1 と低く、マスクであるレジスト膜 6 とアルミニウム膜が同じ速度でエッチングされ、アルミニウム膜形状の上部が崩れてしまう。この様子は図 9 と同様である。アルミニウム膜形状の上部が崩れない対レジスト選択比は、2 程度とすると、

圧力は7mTorrである。

【 0 0 3 1 】

また、逆に圧力が大きすぎると、アルミニウム膜側面まで、サイドエッチが入ってしまい、アルミニウム膜形状角度は90度より小さくなる。図中の●印が特性である。実際には、高圧力である15mTorr以上では、イオンのウエハー32への垂直成分が減少するため、アルミニウム膜にサイドエッチが入ってしまい、アルミニウム膜形状角度は85度程度となる。この様子は図8と同様である。87.5度程度までを最適値とすると、圧力は14mTorr以下ということである。この傾向とガス滞在時間のコンセプトを組み合わせると、低圧力領域では、対レジスト選択比の低下と銅残さが発生しやすいという問題があり、高圧力領域では、銅残さは発生しにくいサイドエッチ形状となってしまう。よって、設定圧力は、おおよそ7mTorrから14mTorrが良好な加工形状が得られ、かつ銅残さが抑制される圧力領域である。勿論、銅残さ発生を問題とせず、良好な形状実現のみを得るのであれば、この圧力領域に限定されるものではない。

【 0 0 3 2 】

一方、最適なガス総流量に関しては、上記最適な圧力範囲と、通常のICPドライエッチング装置の反応室容積で、限定されるものであり、おおよそ60sccmから240sccmが、良好な加工形状が得られ、かつ銅残さが抑制される圧力領域である。勿論、銅残さ発生を問題とせず、良好な形状実現のみを得るのであれば、このガス総流量領域に限定されるものではない。

【 0 0 3 3 】

このように本発明によりドライエッチングを施した銅含有アルミニウム膜は、図5(b)に示すようなほぼ良好な垂直形状で、かつ銅残さのないパターン形成が実現できるものである。また、本発明の効果を表わす概要を図2に示す。

【 0 0 3 4 】

なお、塩素以外のガス系として、3塩化ホウ素と窒素を用いたが、アルゴン、ヘリウム、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 等のガスを用いても同様の効果が得られるのは言うまでもない。

【 0 0 3 5 】

また、エッチング装置として、誘導結合型プラズマ装置(ICP)を用いたが、反応性イオンエッチング(RIE)、マイクロ波磁場印加プラズマ(ECR)、表面波プラズマ(SWP)等を用いても同様の効果が得られるのは言うまでもない。

【 0 0 3 6 】

【発明の効果】

以上のように本発明のドライエッチング方法は、銅含有アルミニウム膜のパターン形成において、良好な垂直形状が得られ、かつ銅残さが発生することもないので、銅含有アルミニウム膜で形成される配線間でショートすることなく高い歩留まりが期待できるものである。

【 0 0 3 7 】

以上のように本発明は、アルミニウム高性能多層配線デバイスにおける半導体製造工程において大変重要で価値あるものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態における銅残さのメインエッチング条件のガス滞在時間依存性を示す特性図

【図 2】

本発明の一実施形態におけるドライエッチングの様子を示す工程断面図

【図 3】

本発明の一実施形態におけるアルミニウム膜形状の角度および対レジスト選択比のメインエッチ条件の圧力依存性を示す特性図

【図 4】

従来の銅含有アルミニウム膜配線のパターン形成方法を示す工程断面図

【図 5】

従来の銅含有アルミニウム膜配線のエッチング方法を示す工程断面図

【図 6】

ICP(誘導結合型プラズマ)エッチング装置の概要図

【図 7】

従来のアルミニウム膜の形状を示す断面図

【図 8】

従来のアルミニウム膜の形状を示す断面図

【図 9】

従来のアルミニウム膜の形状を示す断面図

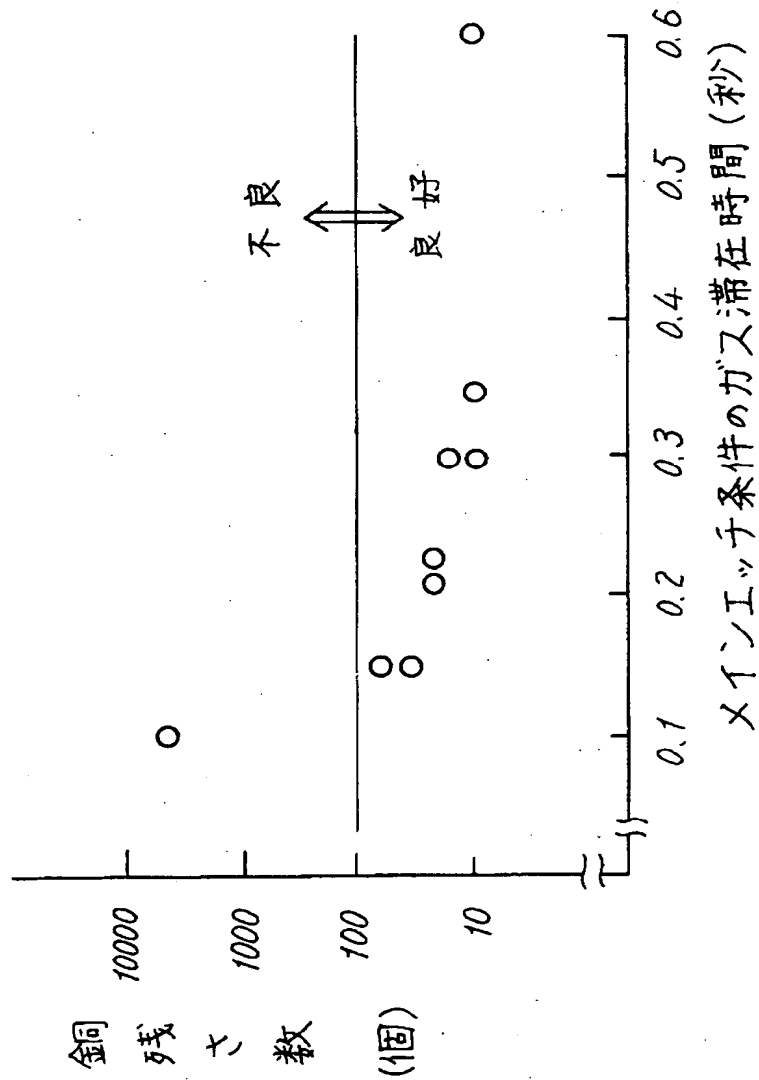
【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 絶縁層(酸化膜)
- 3 TiN/Ti膜
- 4 AlCu膜
- 5 TiN/Ti膜
- 6 レジスト膜
- 7 TiN/Ti/AlCu/TiN/Ti膜
- 8 銅残さ
- 3 1 反応室アルマイト材インナーカバー
- 3 2 ウエハー
- 3 3 下部電極
- 3 4 誘導結合コイル
- 3 5 高周波電源
- 3 6 バイアス電源

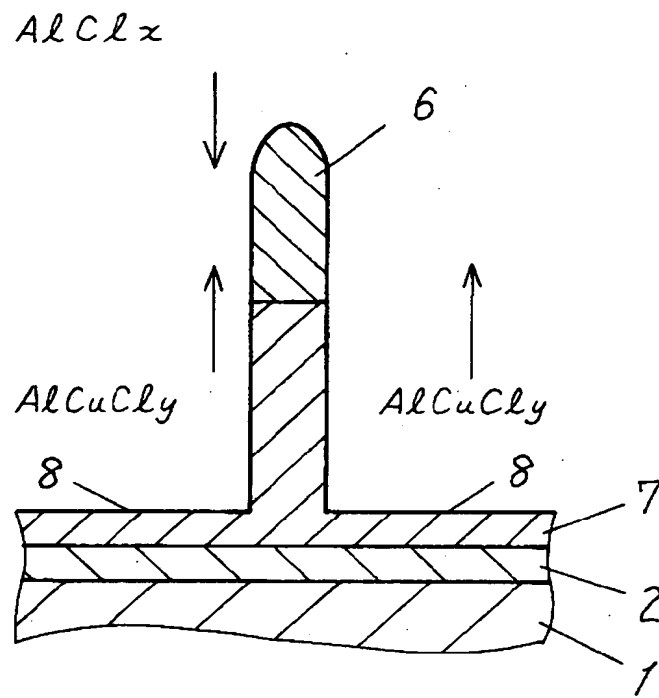
【書類名】

図面

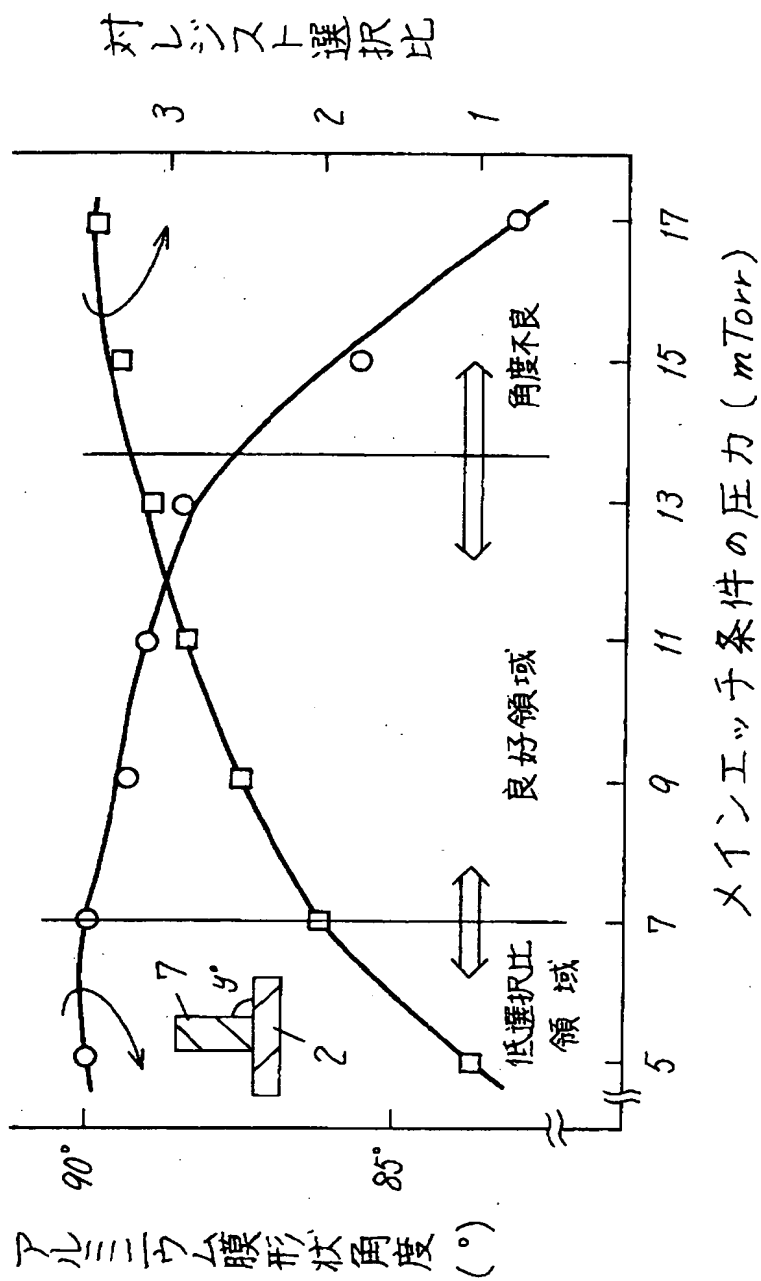
【図1】



【図2】

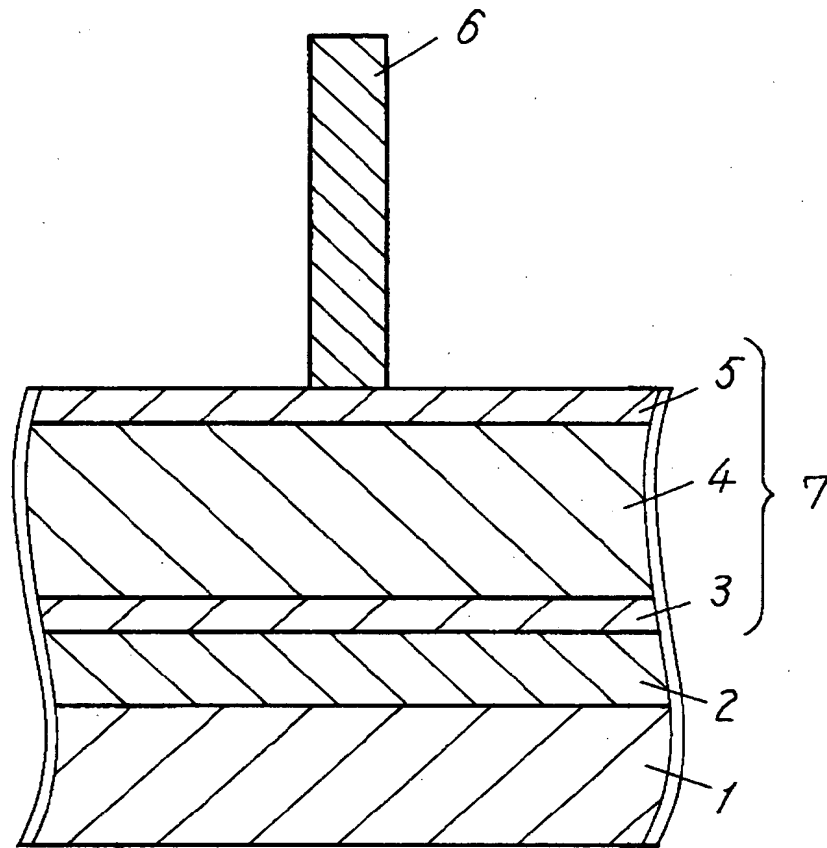


【図3】



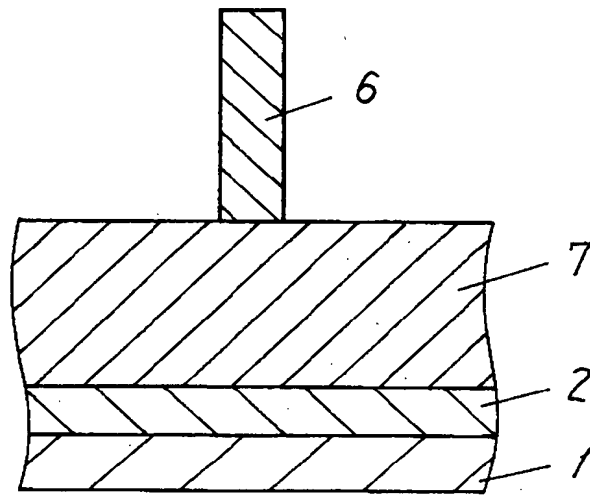


【図4】

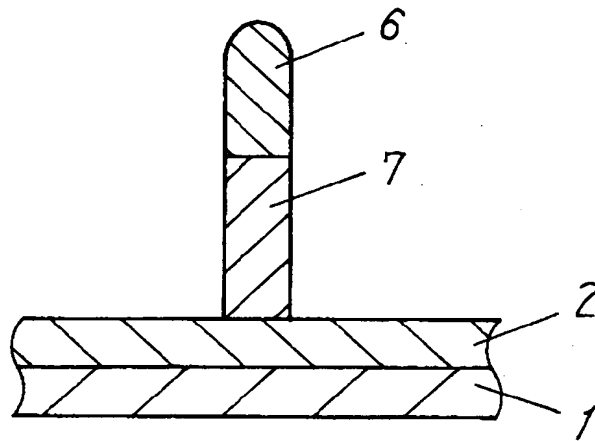


【図 5】

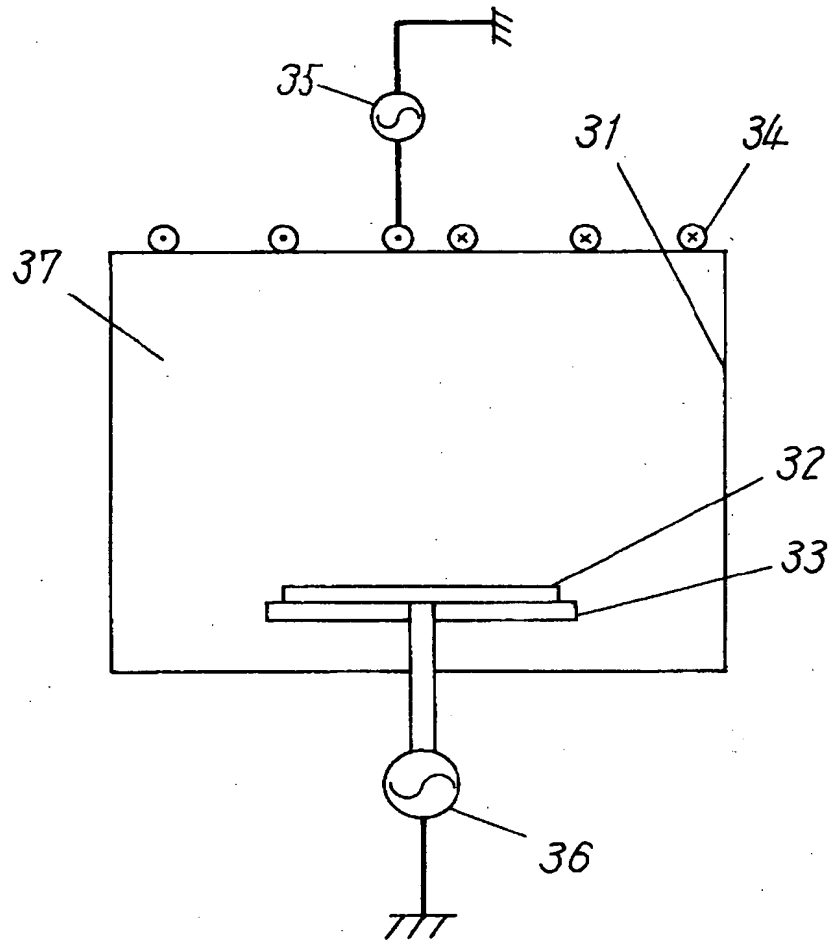
(a)



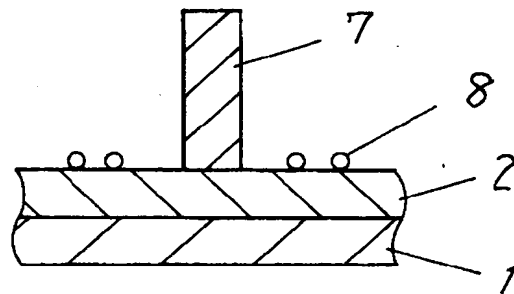
(b)



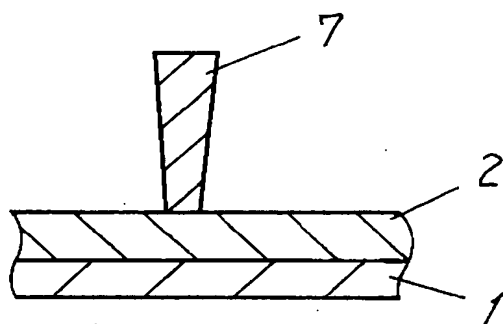
【図6】



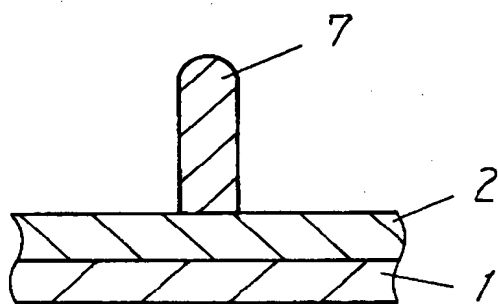
【図7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 配線である銅含有アルミニウム膜の加工形状を劣化させることなく、かつ銅の残さ発生の抑制可能なドライエッチング方法を提供するものである。

【解決手段】 銅含有アルミニウム膜のドライエッチングにおいて、プラズマ反応室内の塩素系ガスのガス滞在時間が、0.15秒から0.3秒の範囲内とすることを特徴とするドライエッチング方法。

【選択図】 図 2

【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）

【提出日】 平成13年 4月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【事件の表示】

【出願番号】 特願2000-394317

【承継人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代表者】 中村 ▲邦▼夫

【提出物件の目録】

【物件名】 権利の承継を証明する書面 1

【援用の表示】 平成13年 4月16日付提出の特許番号第3150560号の一般承継による特許権の移転登録申請書に添付した登記簿謄本を援用する。

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005843]

1. 変更年月日	1993年 9月 1日
[変更理由]	住所変更
住 所	大阪府高槻市幸町1番1号
氏 名	松下電子工業株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社